

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

## Bakalářská práce

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra energetiky

Snížení energetické náročnosti komerční budovy

Consumption of Energy reduction Administration Building

Student:

Jiří Daňhel

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Nezhoda, Ph.D.

Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Daňhel**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí**  
Téma: **Snížení energetické náročnosti komerční budovy**  
**Consumption of Energy Reduction Administration Building**

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte způsoby snížení energetické náročnosti komerční budovy.

Posud'te následující energeticky úsporná opatření:

- změna systému vytápění
- posouzení alternativního zdroje vytápění a přípravy TV
- změnu tepelně – technických vlastností obálky budovy
- posouzení a případnou změnu systému přípravy TV

Jednotlivé návrhy ekonomicky a environmentálně porovnejte s konvenčním způsobem zásobování teplem. Součástí práce bude stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TV konkrétního komerčního objektu

### Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] DIDUŠKOVÁ, M., VOTÁPEK, M. Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál, Energy Performance Contracting. SEVEN, Praha, 1995.
- [2] Kol. autorů: Audit energetického hospodářství budov. Skripta pro kurz energetických auditorů. ČEZ, a.s., RAEN, s.r.o., Praha, 1997.
- [3] Kol. autorů. Energetický audit. Metodika auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [4] Kol. autorů. Metodika energetického auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [5] Vyhláška č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů.
- [6] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Nezhoda, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jiří Daňhel

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Vítonice 119

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

DAŇHEL, J., Snížení energetické náročnosti komerční budovy. Ostrava: katedra energetiky, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2011, 37 stran, Bakalářská práce, vedoucí: Ing. Nezhoda J., Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem energeticky úsporných opatření pro budovu maloprodejny. První část je věnována teoretickému popisu možností úspor energie, popisu a rozdělení navrhovaných zdrojů tepla a výpočtu tepelných ztrát.

V druhé praktické části je popsán stávající stav objektu a výpočet potřeby tepla před a po zateplení. Dále pak návrh a ekonomické zhodnocení zdrojů tepla včetně návratnosti investic.

## **ANNOTATION OF THE BACHELOR WORK**

DAŇHEL, J., Consumption of Energy reduction Administration Building. Ostrava: Department of Energy Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2011, 37 pages, Bachelor work, supervisor: Ing. Nezhoda J., Ph.D.

The bachelor work deals with a proposal of energy-saving measures for a retail shop building. The first part is dedicated to a theoretical description of energy-saving possibilities, description and distribution of the proposed heat resources and calculation of heat losses.

In the second practical part there is described the current condition of the building and calculation of heat need before and after over-cladding. Further there is a proposal and economic appraisal of heat resources including the return of investments.

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Úspory energie v tepelně technických vlastnostech obálky budovy .....</b>	<b>2</b>
2.1 Způsoby zateplení obvodových stěn .....	3
2.1.1 Vnitřní zateplení .....	3
2.1.2 Vnější zateplení .....	4
2.1.2.1 Tepelně izolační omítky .....	4
2.1.2.2 Obklad s odvětranou vzduchovou mezerou .....	5
2.1.2.3 Kontaktní zateplovací systém .....	5
2.2 Zateplení ploché střechy .....	7
<b>3. Plynové kotle .....</b>	<b>8</b>
3.1 Zjednodušené dělení kotlů .....	8
3.1.1 Stacionární plynové kotle .....	9
3.1.2 Závěsné plynové kotle .....	9
3.1.3 Kondenzační plynové kotle .....	9
<b>4 Tepelná čerpadla .....</b>	<b>10</b>
4.1 Princip tepelného čerpadla .....	10
4.2 Topný faktor tepelného čerpadla .....	11
4.3 Dělení tepelných čerpadel .....	11
<b>5. Výpočet tepelných ztrát .....</b>	<b>12</b>
5.1 Tepelná ztráta prostupem .....	12
5.2 Tepelná ztráta větráním .....	14
5.3 Celková tepelná ztráta .....	14
<b>6. Stanovení potřeby tepla na vytápění a přípravu TV .....</b>	<b>15</b>
<b>7. Popis výchozího stavu .....</b>	<b>16</b>
7.1 Lokalizace a popis objektu .....	16
7.2 Základní údaje o stavebně technickém řešení objektu .....	16
7.3 Základní údaje o energetických vstupech .....	17
7.3.1 Elektrická energie .....	18
7.3.2 Tepelná energie .....	18
7.3.3 Rozvody tepla a příprava TV .....	18

7.3.4 Celková spotřeba paliv a energie .....	19
7.4 Zhodnocení výchozího stavu .....	19
<b>8. Návrhy a opatření k dosažení úspor energie .....</b>	<b>20</b>
8.1 Návrh zateplení obvodového pláště .....	20
8.2 Výsledné tepelné ztráty před a po zateplení .....	20
8.2.1 Objekt před zateplením .....	21
8.2.1.1 Potřeba energie na vytápění a ohřev TV .....	21
8.2.2 Objekt po zateplení .....	22
8.2.2.1 Potřeba energie na vytápění a ohřev TV po zateplení .....	23
8.3 Vyhodnocení zateplení.....	23
<b>9. Návrh zdroje tepla .....</b>	<b>24</b>
9.1 Plynový kotel .....	24
9.2 Tepelné čerpadlo .....	24
9.3 Ekonomické srovnání zdrojů .....	25
9.3.1 Investiční náklady .....	25
9.3.2 Provozní náklady .....	26
<b>10. Vyhodnocení navrhovaných zdrojů tepla a celkové investice.....</b>	<b>27</b>
<b>11. Návrh solárního systému pro ohřev TV .....</b>	<b>28</b>
11.1 Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu TV.....	28
11.2 Množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace ..	29
11.3 Volba typu kolektoru .....	29
11.4 Stanovení účinnosti kolektoru.....	30
11.5 Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru .....	31
11.6 Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí .....	31
11.7 Návrh počtu m <sup>2</sup> kolektorové plochy .....	31
11.8 Určení energetické bilance.....	32
11.9 Stanovení maximálního celoročního zisku solárního systému .....	33
11.10 Stanovení skutečného celoročního zisku solárního systému .....	33
11.11 Ekonomické zhodnocení a návratnost solárního systému .....	33
<b>12. Závěr .....</b>	<b>34</b>
Seznam použité literatury .....	I
Seznam obrázků .....	II
Seznam tabulek .....	III
Seznam příloh .....	IV



## Seznam použitého značení

### Použité značky:

A	plocha	[ m <sup>2</sup> ]
C <sub>H2O</sub>	měrná tepelná kapacita vody	[ J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
D	počet dennostupňů	[ den ]
H	součinitel tepelné ztráty	[ W/K ]
Q	množství tepla	[ J ]
S	počet m <sup>2</sup> kolektorové plochy	[ m <sup>2</sup> ]
U	součinitel prostupu tepla	[ W/(m <sup>2</sup> .K) ]
V	objem	[ m <sup>3</sup> ]
d	počet dnů otopného období	[ den ]
e	opravný součinitel zahrnující vliv přerušovaného vytápění	[ 1 ]
m	denní potřeba teplé vody na osobu	[ kg ]
n	číslo výměny vzduchu	[ h <sup>-1</sup> ]
t	teplota	[ °C ]
Φ	tepelná ztráta, tepelný výkon	[ W ]
η	účinnost	[ % ]
θ	teplota	[ °C ]
ε <sub>T</sub>	topný faktor	[ 1 ]

### Indexy:

e	venkovní
i	vnitřní
rel.	relativní
teor.	teoretická

### Zkratky:

TČ	tepelné čerpadlo
TV	teplá voda

# 1. Úvod

Jednou z nejsledovanějších vlastností budovy je v současné době její energetická náročnost. V době výrazného zvyšování cen energií je změna tepelně technických vlastností obálky budovy velmi aktuální, neboť je zdrojem výrazných finančních úspor při užívání budov. Energetickou náročnost budovy ovlivňují její systémy technického zařízení pro vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení v předepsaném množství a kvalitě i součet jednotlivých ztrát daných energií.

Základem snížení energetické náročnosti budovy je technická úprava obálky budovy, která se obvykle označuje souhrnným pojmem tepelná ochrana budov. Nízký prostup tepla obálkou budovy podmiňuje nízkou energetickou náročnost.

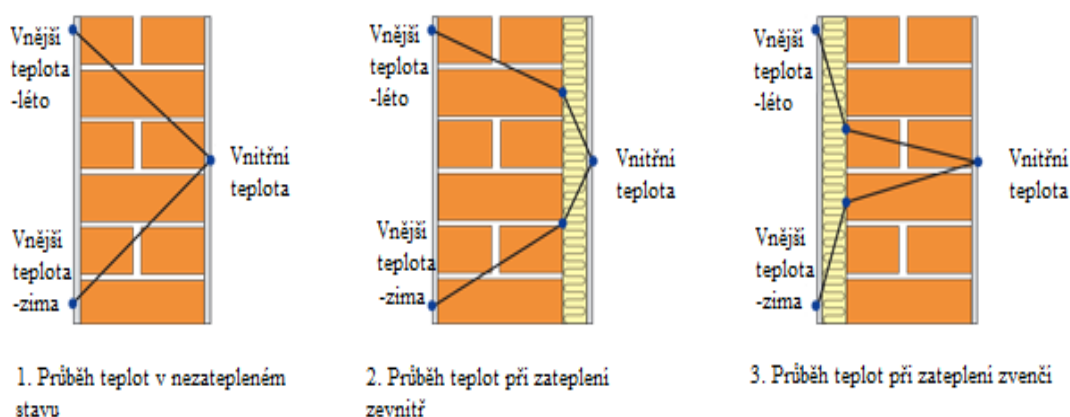
Cílem mé bakalářské práce je navržení optimálního řešení energeticky úsporných opatření, jako je změna tepelně technických vlastností obálky budovy a změna systému vytápění, který bude pro provoz objektu z ekonomického hlediska vhodnější než stávající zdroj. Jako zdroj tepla bude navrženo tepelné čerpadlo a plynový kotel. Pro jednotlivé návrhy bude uveden teoretický popis, princip a možnosti použití. Dalším bodem této práce bude návrh alternativního zdroje pro přípravu teplé vody ze solárního systému. Následně bude tento alternativní zdroj posouzen z hlediska investiční a provozní náročnosti.

Závěrem této práce bude celkové vyhodnocení všech navržených opatření včetně výpočtu celkové návratnosti.

## 2. Úspory energie v tepelně technických vlastnostech obálky budovy

Velmi účinným opatřením, jak snížit tepelné ztráty budovy, je zlepšení tepelně technických vlastností stavebních dílů zateplením. Jedná se o snížení součinitele prostupu tepla přidáním tepelné izolace ke stávajícím konstrukcím, které mají podstatný vliv na tepelných ztrátách budovy. Kromě vnějších obvodových konstrukcí, což je svislý neprůsvitný plášť a plochá střecha, jsou to i vnitřní konstrukce objektu, které oddělují vytápěné a nevytápěné prostory.

Průběhy teplot v nezatepleném a zatepleném stavu konstrukce jsou znázorněny na obrázku 2.1 Bez tepelné izolace je na vnějším povrchu konstrukce v zimním období teplota pod bodem mrazu. Směrem do interiéru se teplota zvyšuje. Teplota  $t=0^{\circ}\text{C}$  je cca uprostřed obvodové stěny. To způsobí, že vnější část obvodového zdiva v zimním období promrzá a v létě se přehřívá. Tyto rozdíly teplot ovlivňují nejen vnitřní mikroklima, ale také snižují životnost obvodové konstrukce. Přidáním izolace z vnitřní strany se teplota  $t=0^{\circ}\text{C}$  posune do této izolace. Obvodová konstrukce je tak vystavena velkému rozdílu teplot. Při zateplení z vnější strany se teplota  $t=0^{\circ}\text{C}$  posune z obvodové konstrukce do tepelné izolace. Tím se zabrání promrzání stěny a konstrukce je tak v průběhu roku téměř v konstantních podmínkách. [5]



**Obrázek 2.1** Průběhy teplot v nezatepleném a zatepleném stavu [4]

Při správné volbě druhu a tloušťky tepelné izolace v souladu s požadavky ČSN 73 0540, lze zajistit optimální tepelný komfort uvnitř budovy.

## 2.1 Způsoby zateplení obvodových stěn

Zateplení stěn je možno provést několika způsoby.

1. S tepelnou izolací na vnitřní straně konstrukce - vnitřní zateplení
2. S tepelnou izolací na vnější straně konstrukce - vnější zateplení
3. S tepelnou izolací uvnitř konstrukce

Poslední uvedený systém má vlastnosti a zásady provedení podobné jako při vnějším zateplení konstrukce. Není obvyklý při dodatečném zateplení, z důvodu těžkých povrchových úprav a zásahů do stávající konstrukce.

### 2.1.1 Vnitřní zateplení

Zateplení konstrukcí z vnitřní strany není příliš populární a odborníci před tímto způsobem zateplení spíše varují. Důvodů je několik.

- Původní vnitřní povrch konstrukce je pod tepelnou izolací výrazně chladnější a často klesne pod teplotu rosného bodu vzduchu v interiéru.
- V místech navazujících vnitřních konstrukcí, což mohou být stěny nebo stropy, tvoří tyto konstrukce neodstranitelné tepelné mosty v izolační vrstvě. Do těchto tepelných mostů se soustřeďují úniky tepla a očekávaný úsporný efekt ze zateplení se tak výrazně snižuje.
- Snižuje se užitná plocha místností.
- Tepelná akumulace obvodové konstrukce se snižuje, takže je potřeba delší otopné období.

Zateplení konstrukce z vnitřní strany má ale také několik výhod.

- Umožňuje dílčí úpravu stavby a zachovává se členitost vnější fasády.
- Nevyžaduje výstavbu lešení či zavěšení lávky
- Zateplování zevnitř lze provádět kdykoliv, nezávisle na počasí a ročním období

[1]

## **2.1.2 Vnější zateplení**

Tento způsob zateplení je fyzikálně výhodnější, protože tvoří souvislou obálku tepelné ochrany stavby bez výrazných slabých míst, jakými jsou tepelné mosty. Tím se také sníží riziko kondenzace vodních par na vnitřním povrchu konstrukce. Systém vnějšího zateplení zachovává tepelnou akumulaci a vlhkostní mikroklima místností a chrání původní povrch konstrukce před účinky atmosféry. Umožňuje také nové barevné řešení fasády. [1]

Podle technologie provedení a fyzikálního působení se rozlišuje vnější zateplení na:

- tepelně izolační omítky
- obklad s odvětranou vzduchovou mezerou
- kontaktní zateplovací systém

### **2.1.2.1 Tepelně izolační omítky**

Tepelně izolační omítky izolují vlastnostmi speciální omítkové hmoty, obvykle vylehčené izolačními granulemi jako je perlit, pěnový polystyren, apod. Toto pojivo působí jako tepelné mikromůstky. Tepelně izolační omítky se obvykle nanáší v tloušťce 30 až 40 mm v jedné nebo dvou vrstvách. Při větších tloušťkách je nutné provést vyztužení síťovinou nebo pletivem. Tento systém zateplování se obvykle používá pro izolaci vždy z chladnější strany konstrukce. [1]

Výhody:

- zdánlivě nízká cena
- příjemný klasický vzhled
- vytvoření souvislého pláště bez výrazných tepelných mostů a s určitou tepelnou akumulací
- mají obvykle příznivou protipožární odolnost

Nevýhody:

- při stejné tloušťce vrstvy mají podstatně nižší účinnost než jiné zateplovací systémy
- tloušťka izolace a tedy i tepelně izolační efekt je technologicky limitována cca 40 mm

### **2.1.2.2 Obklad s odvětranou vzduchovou mezerou**

Izolaci lze provést dvěma způsoby, které se liší upevněním desek na stávající konstrukci. Při prvním způsobu se izolační materiál vkládá do nosného roštu obkladu a tento rošt je kotven do stávající obvodové stěny. Tím vzniká mezi tepelnou izolací a obkladem odvětrávaná vzduchová mezera. Při druhém způsobu jsou tepelně izolační desky na původní konstrukci lepeny a nosný rošt obkladu je kotven do obvodové stěny přes tepelnou izolaci.

Výhody:

- systém je z hlediska kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce nejbezpečnější
- umožňuje změnu tloušťky tepelné izolace bez změny vnějšího vzhledu
- jde o suchou montáž s minimální závislostí na počasí

Nevýhody

- zateplování s odvětranou vzduchovou mezerou je vždy dražší než kontaktní zateplovací systém
- nosné prvky vnější vrstvy často tvoří tepelné mosty v izolaci a tím snižují její účinnost

Doporučené použití tohoto systému je pro průmyslové stavby, zejména pro vlhké provozy a konstrukce s vyšší vlhkostí. [1]

### **2.1.2.3 Kontaktní zateplovací systém**

Je to nejrozšířenější způsob zateplování konstrukcí. Jako tepelná izolace se používá nejčastěji pěnový polystyren nebo tuhé minerálně vláknité desky. Méně časté jsou izolace tvořeny na bázi pěnového polyuretanu a korku. Tepelná izolace je lepena pomocí tmelů k podkladu a proti odtržení je mechanicky jištěna hmoždinkami. Vnější tmelová vrstva s omítkou musí být vyztužena síťovinou ze skleněných vláken. Konečná povrchová úprava je nejčastěji z disperzních nebo minerálních omítek.

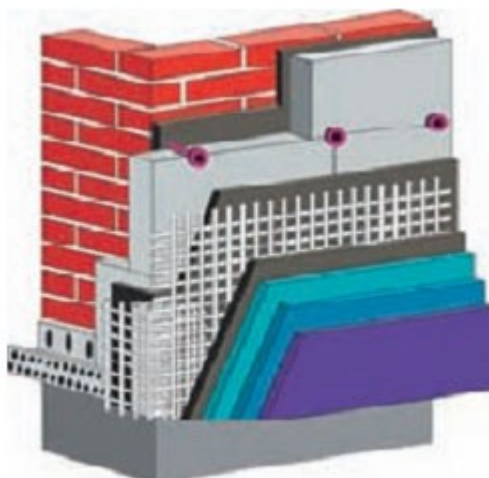
Výhody:

- systém je jednoduchý a velice výkonný, protože zde nedochází k tvoření tepelných mostů a maximálně využívá vlastností tepelné izolace
- prostou změnou tloušťky tepelné izolace lze dosáhnout podstatně lepších tepelně izolačních vlastností
- poskytuje neomezenou barevnost a dosažení atraktivního vzhledu objektu

Nevýhody:

- systém kontaktního zateplení je nevhodný pro vlhké provozy
- při nevhodné povrchové úpravě může docházet ke kondenzaci vodní páry uvnitř zateplení

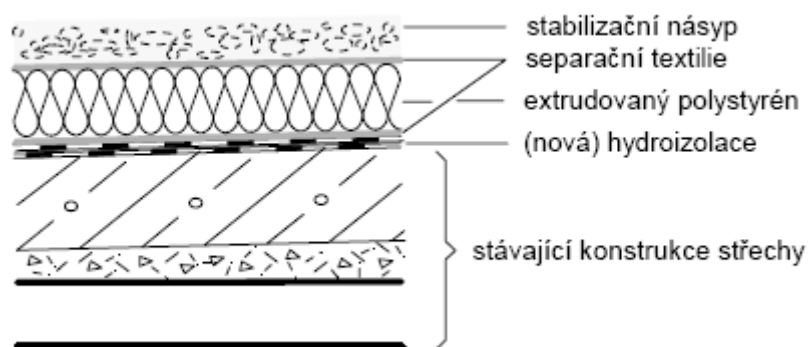
Doporučené použití kontaktního zateplovacího systému je pro izolaci rodinných domů, obytných a občanských staveb včetně panelových domů. [1]



**Obrázek 2.2** *Skladba kontaktního zateplovacího systému*

## 2.2 Zateplení ploché střechy

Možnosti zateplení ploché střechy závisí na vlhkosti vyskytující se ve skladbě stávající konstrukce, na únosnosti střechy a celkovém stavu hydroizolace. Pokud střecha z hlediska vlhkosti vyhovuje a nosná část má určitou rezervu, pak je rozhodující stav krytiny. Jestliže je hydroizolace v dobrém stavu a stačí jen zlepšit tepelné izolační vlastnosti konstrukce, pak lze na stávající hydroizolaci přidat izolaci tepelnou, obvykle z extrudovaného polystyrénu. Tím se vytvoří tzv. “obrácená střecha“. Tato varianta je z tepelně vlhkostního hlediska nejvhodnější, avšak poměrně finančně náročná. [2]



**Obrázek 2.3** *Příklad obrácené střechy*



### 3. Plynové kotle

Nejčastějším zdrojem tepla pro systém ústředního vytápění je kotel. Kotel je prvek, ve kterém se spaluje palivo a ohřívá teplotonosná látka. Volbu kotle ovlivňuje druh použitého paliva, možnost jeho umístění, velikost a druh otopného systému a také řešení ohřevu teplé vody. Pokud je kotel zdrojem tepla pouze pro vytápění, musí jeho výkon pokrýt tepelnou ztrátu daného objektu. [3]

V České republice došlo v roce 1996 k úplnému nahrazení svítiplynu zemním plynem. Výhodou zemního plynu je dobrá účinnost spalování, snadná regulace výkonu a minimální produkce škodlivých emisí. Kotle na zemní plyn se vyrábí v různých provedeních a v mnoha výkonových řadách od cca 5 kW.

#### 3.1 Zjednodušené dělení kotlů

podle tlaku zemního plynu:

- nízkotlaké (s přetlakem do 5 kPa);
- středotlaké (s přetlakem 5 až 400 kPa).

podle teplotonosné látky:

- vodní (teplotovodní do 115°C, horkovodní nad 115°C);
- parní.

podle použitého materiálu:

- ocelové;
- litinové článkové;
- jiné, kombinace materiálů.

podle způsobu umístění:

- stacionární (na podlaze či soklíku);
- závěsné (na zdi).

podle způsobu provozu:

- klasické (teplota zpětné vody do kotle nemá poklesnout pod 60°C);
- nízkoteplotní (teploty vody na kotli nesmějí poklesnout pod 50°C);
- kondenzační (teploty vody na kotli mohou poklesnout pod 50°C). [3]

### **3.1.1 Stacionární plynové kotle**

Klasické stacionární kotle se vyrábí s kotlovým tělesem ocelovým nebo litinovým, složeným z litinových článků. Dosahují účinnosti do 90% a teplota spalin se pohybuje v rozmezí 120 až 180°C. Klasické kotle nejsou vhodné pro nízkoteplotní systémy, jakými jsou například otopné systémy s nižší teplotou topné vody u otopných těles nebo podlahové či stěnové vytápění. Tyto kotle mohou pracovat jak s nucenou tak i s přirozenou cirkulací vody. Nevýhodou stacionárních kotlů je vyšší váha než u závěsných kotlů a s tím spojené i dražší pořizovací náklady. [3]

### **3.1.2 Závěsné plynové kotle**

Plynové závěsné kotle patří k nejrozšířenějším zařízením pro vytápění bytů a malých budov. Řadí se do kategorie nejnižší výkonové řady v oblasti plynových kotlů. Tyto kotle lze rozdělit podle způsobu odvodu spalin na kotle s odvodem do komína a na takzvané turbokotle, které mají pro odvod spalin skrz stěnu zabudovaný ventilátor. Závěsné plynové kotle bývají obvykle navrhovány jako průtočné s výměníkem tepla. Teplota na výstupu z kotle se pohybuje v rozmezí 40°C až 95°C, dle údajů výrobce. [3]

### **3.1.3 Kondenzační plynové kotle**

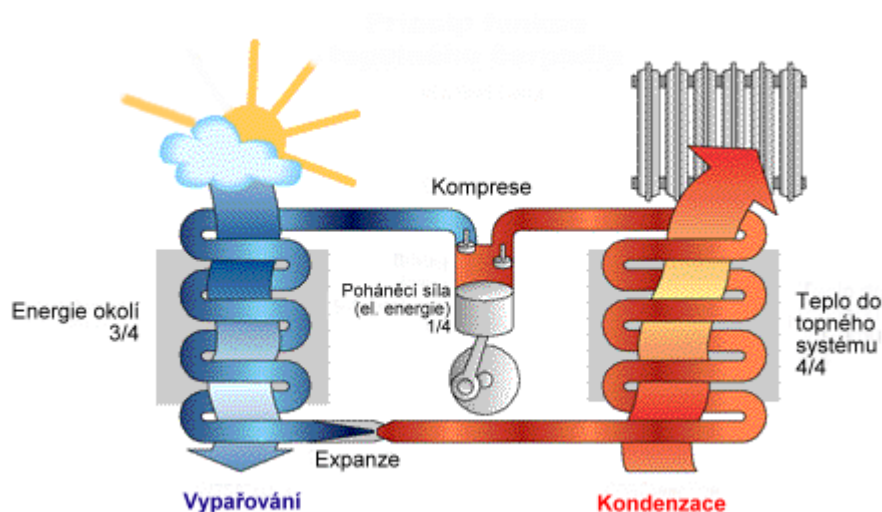
Kondenzační kotle využívají takzvaného kondenzačního tepla. Při spalování zemního plynu nebo propanu vzniká hořením vodíku, který je obsažen v těchto plynech, určité množství vody. Hořením dochází k jejímu ohřevu a v podobě vodní páry spolu s oxidem uhličitým tvoří spaliny hoření. Pokud tyto spaliny ochladíme pod teplotu rosného bodu, dojde ke kondenzaci obsažené vodní páry a k uvolnění kondenzačního tepla. Tuto vodu lze zpátky převést na topnou vodu otopného systému. Tímto způsobem lze získat až 11% účinnosti. Při výpočtu účinnosti kondenzačního kotle z výhřevnosti paliva tak jako u standardních kotlů docházíme k číslům nad 100% až 111%. Teplota spalin kondenzačních kotlů je od cca 40 až do 90°C v závislosti na teplotě topné vody. Kondenzační kotel je buď s přetlakovým hořákem nebo s hořákem atmosférickým s předsměšováním směsi a s nuceným odtahem spalin. Kondenzační kotel, koncipovaný většinou jako protiproudý výměník tepla, ochladí výstupní spaliny na teplotu o 5 až 10 °C vyšší než je teplota zpátečky. [3]

## 4 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo převádí přírodní, takzvané nízkopotenciální teplo na teplo vhodné pro vytápění, předehřev či ohřev teplé vody nebo větrání rodinného domu. Nízkopotenciální teplo je obnovitelným ekologickým zdrojem. Je obsaženo v zemi, podzemní či povrchové vodě nebo v okolním vzduchu. Tepelná čerpadla jsou dnes již rovnocenným zdrojem tepla.

### 4.1 Princip tepelného čerpadla

Princip vychází z obráceného Carnotova oběhu. Jde o uzavřený oběh, kde se na jedné straně teplo odebírá z okolního prostředí a na druhé straně se teplo dodává do otopného systému. Tepelné čerpadlo pracuje jako chladicí zařízení. Hnací prvkem je kompresor poháněný elektromotorem. V prvním výměníku, což je výparník, odvádí zařízení teplo z nízkopotenciálního prostředí a tím ho ochlazuje. Pomocí kompresoru předává teplo druhému výměníku, což je kondenzátor, do prostředí s vyšší teplotou. Převod tepla se v tepelném čerpadle uskutečňuje pomocí pracovní látky, kterému říkáme chladivo. Toto medium v zařízení trvale obíhá a cyklicky mění své skupenství. Poměr topného výkonu a elektrického příkonu je takzvaný topný faktor. [3]



Obrázek 4.1 Princip tepelného čerpadla [6]

## 4.2 Topný faktor tepelného čerpadla

Topný faktor je parametr, udávající spotřebu elektrické energie na vyprodukované teplo. Topný faktor se v reálných podmínkách mění. Je závislý na teplotě zdroje a na teplotě, při které je teplo vyprodukováno.

$$\varepsilon_T = \frac{Q_T}{A} \quad (1)$$

kde je:

$Q_T$  topný výkon [kW]

$A$  dodaná práce [kW]

Čím více se teplota zdroje a teplota, při které se teplo spotřebovává, přibližují, tím větší je topný faktor. Běžně se hodnota topného faktoru pohybuje okolo tří až čtyř.

## 4.3 Dělení tepelných čerpadel

Podle zdroje nízkopotenciálního tepla a druhu topného média se čerpadle dělí a označují:

- země – voda
- voda – voda
- vzduch – voda
- vzduch – vzduch

Na základě stavebně technických hledisek pro danou lokalitu je třeba vybrat jednu z možností využití zdroje tepla. Po konzultaci s vedoucím práce a posouzení všech kritérií, volím použití tepelného čerpadla vzduch/voda. Zdrojem nízkopotenciálního tepla je okolní vzduch. Venkovní vzduch je neomezený a snadno přístupný zdroj nízkopotenciálního tepla. Nevýhodou je ale proměnlivost teploty, se kterou se také mění parametry tepelného čerpadla a topný faktor. Typ tepelného čerpadla se spirálovými kompresory se často používá až k teplotám vzduchu  $-20^{\circ}\text{C}$ . Nízkopotenciální teplo se odebírá z okolního vzduchu výparníkem obvykle umístěným přímo u budovy nebo na její střeše. Dopravu vzduchu, který prochází výparníkem, zajišťuje ventilátor. Při teplotách nižších než  $7^{\circ}\text{C}$  se vzduch ochlazuje, dochází ke kondenzaci vzdušné vlhkosti, která na výparníku namrzá. Tato námraza se obvykle odstraňuje elektrickým ohřevem nebo reverzační funkcí tepelného čerpadla. [3]

## 5. Výpočet tepelných ztrát

Pro stanovení tepelných ztrát objektu je použita obálková metoda. Jedná se o určení tepelné ztráty obvodového pláště budovy. Tepelná ztráta se stanoví pro nejnižší výpočtovou venkovní teplotu v zimním období.

Pro výpočet tepelných ztrát jsou důležité následující podklady:

- místo stavby a poloha objektu v krajině
- rozměry vnějších ochlazovaných konstrukcí
- tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí a výplní otvorů (hodnoty tepelných odporů nebo součinitele prostupu tepla)
- způsob větrání

### 5.1 Tepelná ztráta prostupem

Tepelná ztráta prostupem se stanoví pouze pro konstrukce vymezující vnější obálku budovy. To jsou obvodové stěny, střecha a výplně otvorů. Základní tepelná ztráta prostupem jedné konstrukce se stejným součinitelem prostupu tepla  $U$  je dána vztahem:

$$\Phi_{Ti} = U \cdot A \cdot (\Theta_i - \Theta_{e,i}) = H_T \cdot (\Theta_i - \Theta_{e,i}) \quad [\text{W}] \quad (2)$$

kde je:

$U$	součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
$A$	plocha konstrukce	$[\text{m}^2]$
$\Theta_i$	výpočtová vnitřní teplota	$[^{\circ}\text{C}]$
$\Theta_{e,i}$	výpočtová venkovní teplota	$[^{\circ}\text{C}]$
$H_T$	měrná ztráta konstrukce prostupem tepla	$[\text{W} \cdot \text{K}^{-1}]$

Pro stejné druhy konstrukcí se stejnými tepelně technickými vlastnostmi se stanoví plochy  $A[\text{m}^2]$ . Vzhledem k tomu, že v obálce budovy se vyskytují tepelné mosty, kde je ztráta prostupem o něco vyšší, zahrnuje se zjednodušeně vliv do výpočtu formou přírážky  $\Delta U$  k hodnotě součinitele prostupu tepla  $U$  s ohledem na tepelné vlastnosti konstrukcí podle tabulky 5.1 [3]

**Tabulka 5.1** Hodnoty  $\Delta U$  pro jednotlivé typy tepelných mostů

konstrukce	$\Delta U$ [W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
konstrukce zcela bez tepelných mostů	0,00
konstrukce téměř bez tepelných mostů	0,02
konstrukce s mírnými tepelnými mosty	0,05
budovy s běžnými tepelnými mosty	0,10
budovy s výraznými tepelnými mosty	0,20

Měrná ztráta prostupem tepla pro konstrukce tvořící obálku budovy se stanoví podle vztahu:

$$H_{Tj} = A_j \cdot (U_j + \Delta U_j) \cdot b_j \quad [\text{W} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (3)$$

kde je:

$U_j$	součinitel prostupu tepla j-té konstrukce	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$A_j$	plocha j-té konstrukce	[m <sup>2</sup> ]
$b_j$	teplotní redukční činitel	[-]

Činitel teplotní redukce  $b$  zohledňuje ve výpočtu to, že na druhé straně konstrukce jsou jiné než exteriérové podmínky. Jestliže je ztráta prostupem přímo do venkovního prostředí je činitel redukce  $b=1$ . Celková měrná ztráta prostupem obálkou budovy se určí ze vztahu:

$$H_T = \sum H_{Tj} \quad [\text{W} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (4)$$

Ztráta prostupem obálkou budovy se pak stanoví podle vztahu:

$$\Phi_{Ti} = H_T \cdot (\Theta_{im} - \Theta_e) \quad [\text{W}] \quad (5)$$

kde je:

$\Theta_{im}$	průměrná navrhovaná vnitřní teplota	[°C]
$\Theta_e$	výpočtová venkovní teplota	[°C]

[3]

## 5.2 Tepelná ztráta větráním

Pro výpočet tepelných ztrát větráním se objem vzduchu  $V_a$  stanoví z vnějších rozměrů budovy.

$$V_a = 0.8 \cdot V \quad [\text{m}^3] \quad (6)$$

kde je:

$V$  objem budovy

Množství větracího vzduchu se pak určí podle vztahu:

$$V_{i,\min} = n \cdot V_a \quad [\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (7)$$

kde je:

$n$  číslo výměny vzduchu (obvykle odpovídá  $n=0.5 \text{ h}^{-1}$ )

Tepelná ztráta větráním pro budovu bez větracího systému se určí podle vztahu:

$$\Phi_{Vi} = 0.33 \cdot V_{i,\min} \cdot (\Theta_{im} - \Theta_e) \quad [\text{W}] \quad (8)$$

kde je:

$V_{i,\min}$  množství větracího vzduchu [W]

$\Theta_{im}$  průměrná navrhovaná vnitřní teplota [°C]

$\Theta_e$  výpočtová venkovní teplota [°C]

[3]

## 5.3 Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta celého objektu je dána součtem ztráty prostupem a větráním. Vypočítá se tedy ze vztahu:

$$\Phi_i = \Phi_{Ti} + \Phi_{Vi} \quad [\text{W}] \quad (9)$$

kde je:

$\Phi_{Ti}$  tepelná ztráta prostupem [W]

$\Phi_{Vi}$  tepelná ztráta větráním [W]

## 6. Stanovení potřeby tepla na vytápění a přípravu TV

Pro výpočet potřeby tepla na vytápění se nejčastěji používá takzvaná dennostupňová metoda.

Počet dennostupňů se stanoví:

$$D = d \cdot (\Theta_{im} - \Theta_{em}) \quad (10)$$

kde je:

$d$  počet dnů otopného období

$\Theta_{im}$  průměrná navrhovaná vnitřní teplota  $[^{\circ}\text{C}]$

$\Theta_{em}$  výpočtová venkovní teplota  $[^{\circ}\text{C}]$

Z tepelné ztráty objektu lze stanovit měrnou ztrátu  $H_i$  jako:

$$H_i = \frac{\Phi_i}{(\Theta_{im} - \Theta_{em})} \quad [\text{W.K}^{-1}] \quad (11)$$

kde je:

$\Phi_i$  tepelná ztráta objektu  $[\text{W}]$

$\Theta_{im}$  průměrná navrhovaná vnitřní teplota  $[^{\circ}\text{C}]$

$\Theta_{em}$  výpočtová venkovní teplota  $[^{\circ}\text{C}]$

Potřeba tepla na vytápění za rok se pak stanoví ze vztahu:

$$Q_{vyt} = 24 \cdot \varepsilon \cdot e \cdot D \cdot H_i \quad [\text{Wh.rok}^{-1}] \quad (12)$$

kde je:

$\varepsilon$  součinitel vyjadřující nesoučasnost infiltrace během roku (obvykle 0.8-0.9)

$e$  opravný součinitel zahrnující vliv přerušovaného vytápění

[4]



## 7. Popis výchozího stavu

### 7.1 Lokalizace a popis objektu

Předmětem projektu je budova maloprodejn v Karviné na ul. Hrnčířská 46/3. Jedná se o dvoupodlažní podsklepenou budovu. Objekt slouží jako malé obchodní centrum. Je využíván v pracovních dnech a to zejména v době od 7:00 do 19:00. O víkendech je provoz objektu v sobotu dopoledne. V budově pracuje 20 zaměstnanců. Budova je vystavěna montovanou technologií v systému KORD a větší část budovy je zděná.

Zdrojem vytápění je bloková předávací stanice, dodavatelem tepla je firma Dalkia a.s. Dodavatelem elektrické energie je ČEZ, a.s. Příprava TV je realizována pomocí lokálních průtokových ohříváčů, v objektu je instalováno ústřední vytápění. Základní parametry budovy jsou popsány v tabulce 7.1

**Tabulka 7.1** *Základní parametry objektu*

<b>Parametr</b>	<b>Hodnota</b>	<b>Jednotky</b>
Zastavěná plocha	520	m <sup>2</sup>
Počet nadzemních podlaží	2	-
Počet podzemních podlaží	1	-
Výška objektu	8,6	m
Obestavěný objem	5465	m <sup>3</sup>
Počet zaměstnanců	20	-

### 7.2 Základní údaje o stavebně technickém řešení objektu

#### **Obvodový plášť**

Obvodový plášť je tvořen pěnositilátovými tvárnicemi, celková tloušťka pláště je 250 mm. Obvodový plášť II.NP je montovaný z prvků sendvičového systému KORD.

### **Výplně otvorů**

V budově jsou unifikované okenní a dveřní konstrukce, které jsou použité ve všech objektech shodného typu a stejné doby výstavby. Jižní a východní fasádu objektu tvoří kovové výkladce a vstupní dveře s jednoduchým zasklením. Vstupní dveře na východní straně jsou již vyměněny za plastové s izolačním dvojsklem. Okna II NP. na jižní fasádě jsou hliníková s izolačním dvojsklem, na severní fasádě jsou dřevěná zdvojená okna s meziokenními izolačními vložkami. Vstupní dveře do zázemí objektu jsou plechové.

### **Střecha**

Střešní plášť je vystavěn jako systém jednoplášťové ploché střechy se struskovým násypem a živičným povrchem. Tento systém je v současné době nevyhovující z hlediska tepelných vlastností.

### **Podlaha**

Za nejnižší podlahu otápěné zóny je považována podlaha I.NP.

V tabulce 7.2 jsou uvedeny základní tepelně technické parametry daných konstrukcí.

**Tabulka 7.2** *Tepelně technické parametry jednotlivých konstrukcí budovy*

Stavební konstrukce	Součinitel prostupu tepla $U [W.m^{-2}.K^{-1}]$
obvodové zdivo	0,79
obvodové zdivo KORD	0,46
Střecha	0,85
dřevěné otvorové výplně	2,80
kovové otvorové výplně	5,50

## **7.3 Základní údaje o energetických vstupech**

Základní energetické vstupy do objektu jsou:

- tepelná energie
- elektrická energie

### 7.3.1 Elektrická energie

Dodavatelem elektrické energie pro objekt je ČEZ a.s. Distribuční sazba je C02d. Spotřeba a náklady na elektrickou energii jsou pro přehlednost uvedeny v následující tabulce.

**Tabulka 7.3.1** Celková spotřeba a náklady na elektrickou energii v uplynulých letech

Rok	Spotřeba elektrické energie (kWh)	Průměrná cena elektřiny (Kč/kWh)	Cena celkem (Kč/rok)
2007	19 760	4,91	97 021,6
2008	20 280	5,31	107 686,8
2009	20 800	5,69	118 352

### 7.3.2 Tepelná energie

Dodavatelem tepelné energie do objektu je společnost Dalkia Česká republika, a.s. 28. října 3123/152, 709 74 Ostrava. Teplo pro vytápění je do budovy přiváděno v podobě teplé vody z blokové výměníkové stanice. Přivedené topné médium je ekvitermně regulováno.

**Tabulka 7.3.2** Celková spotřeba a náklady na tepelnou energii v uplynulých letech

Rok	Spotřeba tepla (GJ)	Průměrná cena tepla (Kč/GJ)	Cena celkem (Kč/rok)
2007	667,4	407,9	272 232,8
2008	619,7	441,8	273 783,5
2009	615,1	488,6	300 537,9

### 7.3.3 Rozvody tepla a příprava TV

Rozvody otopné vody jsou z regulační stanice vedeny pod stropem suterénu k jednotlivým stoupacím větvím. Vertikální rozvody otopné vody ústředního vytápění jsou ocelovým potrubím vedeny k jednotlivým radiátorům. Typy radiátorů jsou litinová článková.

Příprava TV probíhá v lokálních elektrických průtokových ohřívačích, jejichž spotřeba elektrické energie není jednotlivě měřena, proto nejsou k dispozici informace o spotřebě energie na přípravu TV.

### 7.3.4 Celková spotřeba paliv a energie

Pro potřeby této práce byla roční spotřeba tepla přepočtena na klimaticky průměrný rok ze skutečné spotřeby z let 2007-2009. Soupis základních údajů o energetických vstupech v roce 2009 je uveden v následující tabulce. Ceny energií jsou stanoveny z roku 2009. Elektrická energie 5,69 Kč/kWh, tepelná energie 407,2 Kč/GJ.

**Tabulka 7.3.3 Celková spotřeba energií**

Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na GJ	Roční náklady v Kč
Nákup elektrické energie	MWh	20,8	3,6	74,9	118 352
Tepelná energie	GJ	615,1	1,0	615,1	300 538
Celkem vstupy paliv a energie				690	418 890
<b>Celkem spotřeba paliv a energie</b>				<b>690</b>	<b>418 890</b>

### 7.4 Zhodnocení výchozího stavu

Pro přehledné zhodnocení výchozího stavu je sestavena roční energetická bilance do tabulky na základě zjištěných a dříve uvedených informací získaných z podkladových materiálů.

**Tabulka 7.4.1 Energetická bilance pro rok 2009**

ř.	Ukazatel	GJ/rok	Kč/rok
1	Vstupy paliv a energie	690	418 890
2	Změna zásob paliv	0	0
3	Spotřeba paliv a energie	690	418 890
5	Konečná spotřeba paliv a energie	690	418 890
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech (z ř. 5)	0	0
7	Spotřeba tepelné energie na vytápění (z ř. 5)	615,1	300 538
8	Spotřeba el. energie na technolog. procesy a přípravu teplé vody (z ř. 5)	74,9	118 352

## **8. Návrhy a opatření k dosažení úspor energie**

Tato část práce je zaměřena na možná řešení a návrh energeticky úsporných opatření. Jedná se především o návrh zateplení objektu, tedy snížení tepelných ztrát, a dále o změnu systému vytápění a přípravu teplé vody.

### **8.1 Návrh zateplení obvodového pláště**

Pro snížení tepelných ztrát je navrhována dodatečná tepelná izolace neprůsvitných konstrukcí obvodového pláště budovy. Dále pak výměna oken a izolace střechy. Způsob zateplení bude proveden kontaktním zateplovacím systémem o tloušťce tepelné izolace 100 mm a plochá střecha bude zateplena izolací o tloušťce 140 mm. Dřevěná okna budou nahrazena novými plastovými okny s požadovaným součinitelem prostupu tepla  $U=1,70$  [ $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ ].

### **8.2 Výsledné tepelné ztráty před a po zateplení**

Pro výpočet tepelných ztrát je použita obálková metoda. Z hlediska zadávání vstupních parametrů a okrajových podmínek to znamená, že na budovu je přihlíženo jako na jedinou místnost s vnitřní výpočtovou teplotou  $20^{\circ}\text{C}$ . Venkovní výpočtová teplota, vlhkost a délka otopného období jsou zadány z katalogu měst a území pro Karvinou. Tepelné ztráty jsou počítány pomocí programu, který se nachází na stránkách <http://www.tzb-info.cz/>. Rozměry a celkové plochy konstrukcí jsou odečteny z výkresové dokumentace budovy v příloze č.1. Součinitele prostupu tepla jsou odečteny z tabulky 7.2

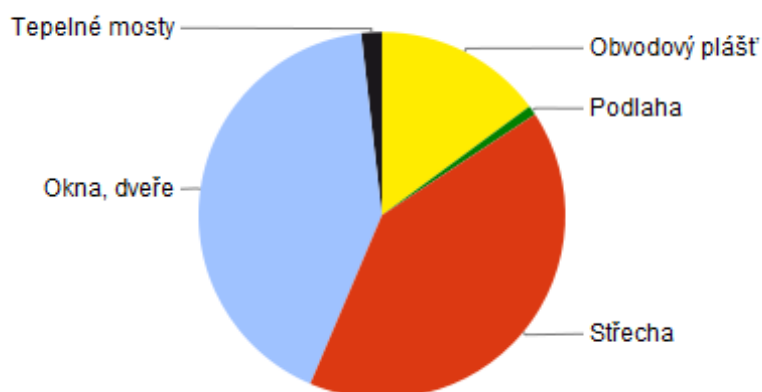
Výsledky výpočtu tepelných ztrát jsou shrnuty v následujících tabulkách a jsou také pro přehlednost znázorněny graficky

## 8.2.1 Objekt před zateplením

**Tabulka 8.1** Tepelné ztráty pro jednotlivé konstrukce před zateplením

Typ konstrukce	Tepelná ztráta [W]
Větrání	27629
Tepelné mosty	1210
Střecha	27073
Podlaha	560
Okna, dveře	27825
Obvodový plášť	9907
Jiné konstrukce	0
--- Celkem ---	<b>94204</b>

**Obrázek 8.1** Grafické znázornění ztrát před zateplením



### 8.2.1.1 Potřeba energie na vytápění a ohřev TV

Dále je třeba stanovit roční potřebu tepla pro vytápění a ohřev TV. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulce 8.2. Specifická potřeba teplé vody o teplotě 60°C pro obchodní budovu je stanovena podle ČSN EN 15316-3-1. Tedy 10 l/osoba, což je při počtu 20 zaměstnanců 200 litrů teplé vody na den.

Celková potřeba tepla na vytápění a ohřev vody je stanovena v následující tabulce.

**Tabulka 8.2** Celková potřeba energie na vytápění a ohřev TV před zateplením

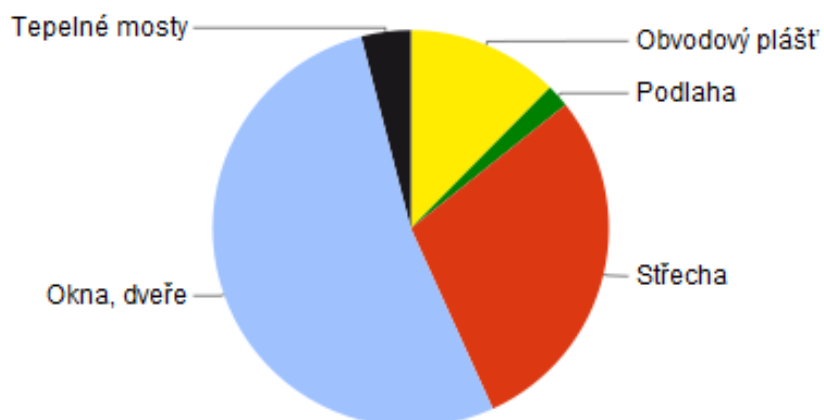
Název	[GJ/rok]	Vnitřní průměrná teplota [°C]
Potřeba tepla na vytápění	609,9	21
Potřeba energie na ohřev TV	20,1	21
<b>Celkem</b>	<b>630</b>	

## 8.2.2 Objekt po zateplení

**Tabulka 8.3** Tepelné ztráty pro jednotlivé konstrukce po zateplení

Typ konstrukce	Tepelná ztráta [W]
Větrání	27629
Tepelné mosty	1210
Střecha	8663
Podlaha	560
Okna, dveře	15799
Obvodový plášť	3716
Jiné konstrukce	0
<b>--- Celkem ---</b>	<b>57577</b>

**Obrázek 8.2** Grafické znázornění ztrát po zateplení



### 8.2.2.1 Potřeba energie na vytápění a ohřev TV po zateplení

**Tabulka 8.4** Celková potřeba energie na vytápění a ohřev TV po zateplení

Název	[GJ/rok]	Vnitřní průměrná teplota [°C]
Potřeba tepla na vytápění	466,1	21
Potřeba energie na ohřev TV	20,1	21
<b>Celkem</b>	<b>486,2</b>	

## 8.3 Vyhodnocení zateplení

Předpokládané náklady na realizaci zateplovacího kontaktního systému, náhradu stávajících oken za nová jsou vyčísleny v tabulce 8.5. Orientační cena kontaktního zateplovacího systému se pohybuje okolo 1 000 Kč/m<sup>2</sup>. Cena zateplení střechy a výměna oken byly stanoveny po konzultaci s vedoucím práce.

**Tabulka 8.5** Úspora tepelné energie a náklady na realizaci zateplení

Potřeba tepla na vytápění		Úspora tepla	Investice
Před zateplením	Po zateplení		
GJ/rok	GJ/rok	GJ/rok	Kč
610	466	144	1 200 000



## 9. Návrh zdroje tepla

Pro pokrytí tepelné ztráty po zateplení, což je 57,6 kW, jsou navrženy dva zdroje tepla. Jedním je plynový kondenzační kotel a druhým tepelné čerpadlo vzduch/voda.

### 9.1 Plynový kotel

Jako vhodný zdroj pro zásobování teplem navrhuji nástěnný plynový kondenzační kotel Logamax plus GB112 od firmy Buderus o jmenovitém výkonu 60 kW. Normovaný stupeň využití při teplotním spádu 75/60 °C je 105%. Teplota spalin při plném výkonu je 65°C a hmotnostní tok spalin je 0,0259 kg/s. Systém odvodu spalin je možné instalovat podle dispozice stavby, jako systém závislý nebo nezávislý na vzduchu v místnosti. Maximální teplota otopné vody je 80°C. Extrémně nízké emise zajišťují splnění ekologických požadavků. Tento kotel lze kombinovat se závěsnými zásobníky teplé vody o objemu 75 až 200 litrů.

### 9.2 Tepelné čerpadlo

Dalším zdrojem tepla k pokrytí tepelné ztráty navrhuji tepelné čerpadlo vzduch/voda jako monovalentní zdroj pro vytápění od firmy DIMPLEX typ LA 60TU. Toto tepelné čerpadlo je určeno k vytápění pro venkovní instalaci s nástěnnou regulační jednotkou. Jde o tepelné čerpadlo, které efektivně pracuje v rozmezí provozních teplot vzduchu od -25°C do 35°C. Rozmezí provozních teplot topné vody je od 18°C do 65°C. Jeho topný faktor se pohybuje v rozmezí 3,6 až 4,1. Použité ekologické chladivo je R417A. Způsob rozmrazování je řešen pomocí vlastní reverzace. K tomuto TČ je možné připojit akumulční zásobník teplé vody s objemem 300 litrů.



**Obrázek 9.1** *Tepelné čerpadlo Dimplex LA 60TU [4]*

## 9.3 Ekonomické srovnání zdrojů

### 9.3.1 Investiční náklady

Cena kondenzačního kotle a tepelného čerpadla byla stanovena podle ceníku výrobce a další náklady byly stanoveny odhadem po konzultaci s vedoucím práce.

**Tabulka 9.1** *Investiční náklady*

<b>Položka</b>	<b>Plynový kotel</b>	<b>Tepelné čerpadlo</b>
Cena zařízení	78 900 Kč	775 170 Kč
Příslušenství	30 000 Kč	40 000 Kč
Elektrický doplňkový zdroj tepla	-	28 000 Kč
Akumulační nádrž pro TV	26 180 Kč	52 650 Kč
Montáž a instalace včetně materiálu a zařízení	25 000 Kč	35 000 Kč
Odvod spalin	14 000 Kč	-
Plynová přípojka do objektu	35 000 Kč	-
Regulace	15 000 Kč	15 000 Kč
<b>Celkem</b>	<b>224 080 Kč</b>	<b>945 820 Kč</b>

### 9.3.2 Provozní náklady

Pro další zhodnocení plynového kotle a tepelného čerpadla jsou porovnány provozní náklady, které zahrnují platbu za vytápění a přípravu teplé vody. Sazba elektrické energie dle ceníku ČEZ pro provoz s plynovým kotlem je C25d. Cena plynu byla stanovena na 12,46 Kč/m<sup>3</sup>.

**Tabulka 9.2** Provozní náklady - plynový kotel

<b>Položky</b>	<b>Medium</b>	<b>Cena za jednotku</b>	<b>Spotřeba za rok</b>	<b>Náklady</b>
Vytápění	zemní plyn	12,46 Kč/m <sup>3</sup>	136,5 MWh	165 448 Kč
Energie na ohřev TV	el. energie	4,2 Kč/kWh	5 MWh	21 000 Kč
Celkem	186 448 Kč			

Sazba elektrické energie dle ceníku ČEZ pro provoz tepelného čerpadla je D56d, tedy 2,4 Kč/kWh při nízkém tarifu.

**Tabulka 9.3** Provozní náklady - tepelné čerpadlo

<b>Položky</b>	<b>Medium</b>	<b>Cena za jednotku</b>	<b>Spotřeba za rok</b>	<b>Náklady</b>
Vytápění	el. energie	2,4 Kč/kWh	43,7 MWh	109 097 Kč
Energie na ohřev TV	el. energie	2,4 Kč/kWh	5 MWh	12 000 Kč
Celkem	121 097 Kč			

## 10. Vyhodnocení navrhovaných zdrojů tepla a celkové investice

V následující tabulce jsou porovnány roční finanční úspory plynového kotle a tepelného čerpadla oproti stávajícímu zásobování teplem.

**Tabulka 10.1** Srovnání nových zdrojů tepla se stávajícím zásobováním teplem

<b>Položky</b>	<b>Stávající zdroj</b>	<b>Plynový kotel</b>	<b>Tepelné čerpadlo</b>
Celková spotřeba paliv a energie na TV v GJ/rok	633	509	175,3
Roční provoz v Kč	328 738	186 448	121 097
Úspora k stávajícímu zdroji Kč/rok	-	142 290	207 641

**Tabulka 10.2** Celkové investiční náklady a hrubá doba návratnosti

<b>Položka</b>	<b>Plynový kotel</b>	<b>Tepelné čerpadlo</b>
Investiční náklady na snížení tepelné ztráty v Kč	1 200 000	1 200 000
Investiční náklady na pořízení zdroje vytápění v Kč	224 080	945 820
Investiční náklady celkem v Kč	1 424 080	2 145 820
Doba návratnosti (roky)	10	11
Úspora paliva a energie oproti stáv. Stavu v GJ/rok	124	457,7

## 11. Návrh solárního systému pro ohřev TV

Voda bude celoročně ohřívána z teploty 10°C na 60°C. Počet osob je 20. Umístění panelů bude na střeše objektu, sklon 45°. Denní spotřeba teplé vody pro obchodní budovu dle ČSN EN 15316-3-1 10 litrů teplé vody/osobu. Ve výpočtech jsou uvažovány klimatické hodnoty pro Ostravu.

Ukázkový výpočet pro měsíc leden.

### 11.1 Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu TV

Určení hmotnosti vody pro 20 osob:

$$m_d = m \cdot po = 10 \cdot 20 = 200 \text{ kg} \quad (13)$$

kde je:

$m$  - denní potřeba teplé vody na osobu [kg]

$po$  - počet osob [-]

měsíční potřeba tepla:

$$\dot{Q}_{TV, teor} = m_d \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta t \quad (14)$$

$$\dot{Q}_{TV, teor} = 200 \cdot 30 \cdot 4,2 \cdot (60 - 10) = 1260000 \text{ [kJ]}$$

kde je:

$c_{H_2O}$  – měrná tepelná kapacita vody [J.kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>]

$\Delta t$  - rozdíl teplot [°C]

Do výpočtu zahrnujeme ztráty při přípravě TV 5 % =>  $\eta = 0,95$

$$\dot{Q}_{TV, skut} = \frac{\dot{Q}_{TV, teor}}{\eta} = \frac{1260000}{0,95} = 1326316 \text{ [kJ]} \quad (15)$$

kde je:

$\dot{Q}_{TV, skut}$  - skutečná potřeba tepla [kJ]

## 11.2 Množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace

$$Q_{skut} = \tau_{rel} \cdot Q_{teor} \cdot pd \quad (16)$$

$$Q_{skut} = 0,27 \cdot 3,4 \cdot 31 = \underline{28,458 [\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}]}$$

kde je:

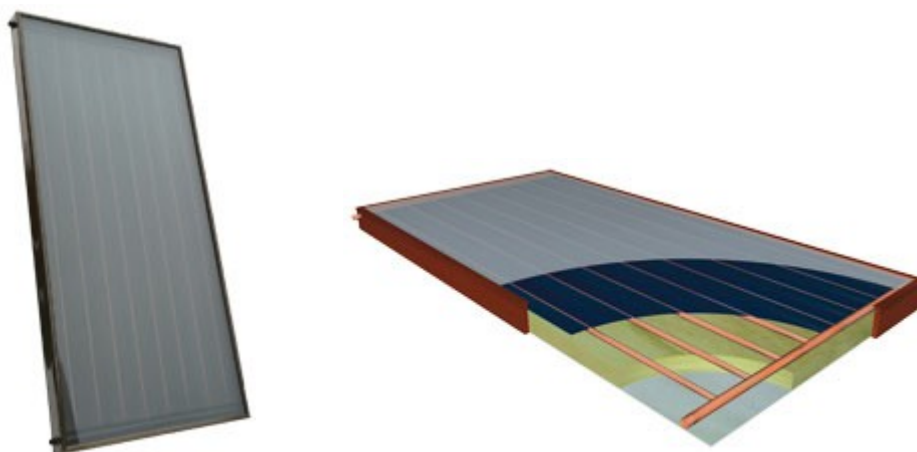
$pd$  - počet dní

$\tau_{rel}$  - relativní doba slunečního svitu pro první měsíc

$Q_{teor}$  - teoreticky možná energie dopadající za den na skloněnou plochu  $45^\circ$   $[\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}]$

## 11.3 Volba typu kolektoru

Jako vhodný kolektor narhují typ KPC1 BP od firmy Regulus. Ploché deskové sluneční kolektory REGULUS KPC1 BP jsou určeny pro ohřev teplé užitkové vody. Sluneční záření prochází sklem a zachytává se účinnou absorpční vrstvou nanesenou na celoměděném absorbéru. Z něj se teplo předává do teplotnosné kapaliny. Absorbér je uzavřen v kompaktním rámu s kvalitní tepelnou izolací. Kolektory jsou určeny pro celoroční provoz.



**Obrázek 11.1** Solární kolektor Regulus KPC1 BP

Parametry z technického listu:

Okamžitá účinnost na plochu apertury/absorbéru

$$\eta_0 a \quad 0,778/0,835$$

$$a_1 a \quad 4,207/4,518 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$$

$$a_2 a \quad 0,024/0,026 \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]}$$

## 11.4 Stanovení účinnosti kolektoru

Výpočet součinitele  $A$ :

$$A = \frac{t_k - t_o}{I_{stř}} = \frac{t_k - t_o}{\frac{Q_{teor}}{\tau_{teor}}} \text{ [K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}\text{]} \quad (17)$$

$$A = \frac{35 - 0,78}{\frac{3,4 \cdot 10^3}{8,26}} = 0,08071 \text{ [K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}\text{]} \quad t_k = \frac{60 + 10}{2} = 35^\circ\text{C}$$

kde je:

$t_k$  - teplota kolektoru (střední teplota)  $[\text{°C}]$

$t_o$  - střední teplota v době slunečního svitu v prvním měsíci  $[\text{°C}]$

$\tau_{teor}$  - teoretická doba slunečního svitu v charakteristických dnech prvního měsíce

Stanovení účinnosti kolektoru:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot I_{stř} = \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot \frac{Q_{teor}}{\tau_{teor}} = \eta_0 - a_1 \cdot \left( \frac{t_k - t_o}{I} \right) - a_2 \cdot \left( \frac{t_k - t_o}{I} \right)^2 \cdot \frac{Q_{teor}}{\tau_{teor}} \quad (18)$$

$$\eta = 0,835 - 4,518 \cdot 0,080705 - 0,026 \cdot 0,080705^2 \cdot \frac{3,4 \cdot 10^3}{8,26} = 0,400668 \Rightarrow \underline{\underline{\eta = 40\%}}$$

$\eta_0$  - účinnost - odečtená z technického listu

$a_1$  - konstanta zvoleného kolektoru - odečtená z technického listu  $[\text{W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}]$

$a_2$  - konstanta zvoleného kolektoru - odečtená z technického listu  $[\text{W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}]$

## 11.5 Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru

$$Q_k = \eta \cdot Q_{skut} = 0,400668 \cdot 28,458 = \underline{\underline{11,402}} \text{ [kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (19)$$

Kde je:

$\eta$  – účinnost kolektoru v prvním měsíci [-]

$Q_{skut}$  - množství skutečného slunečního záření dopadajícího na solární panel v prvním měsíci [kW · h · m<sup>-2</sup>]

## 11.6 Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí

Jako měsíc s rovnovážnou energetickou bilancí navrhují DUBEN

## 11.7 Návrh počtu m<sup>2</sup> kolektorové plochy

$$S = \frac{Q_m}{Q_k} = \frac{368,42}{54,2658} = \underline{\underline{6,79}} \text{ [m}^2] \quad (20)$$

$Q_m$  - měsíční potřeba tepla pro přípravu TV [kW.h]

$Q_k$  - měrný tepelný zisk kolektoru v měsíci s rovnovážnou energetickou bilancí [kW · h · m<sup>-2</sup>]

$$Q_m = \frac{\dot{Q}_{TV, skut}}{3,6} = \frac{1326,316}{3,6} = 368,42 \text{ kWh} \quad (21)$$

Návrh počtu kolektorů:

$$n = \frac{S}{S_{panel}} = \frac{6,79}{1,74} \cong \underline{\underline{4 ks}} \quad (22)$$

Kde je:

$S$  - počet m<sup>2</sup> kolektorové plochy [m<sup>2</sup>]

$S_{panel}$  - počet m<sup>2</sup> absorpční plochy jednoho kolektoru – odečteno z katalogového listu výrobce kolektoru [m<sup>2</sup>]



Přepočet počtu m<sup>2</sup> kolektorové plochy:

$$S' = n \cdot S_{\text{panel}} = 4 \cdot 1,74 = \underline{\underline{7 \text{ [m}^2\text{]}}} \quad (23)$$

kde je:

$n$  - počet kolektorů [-]

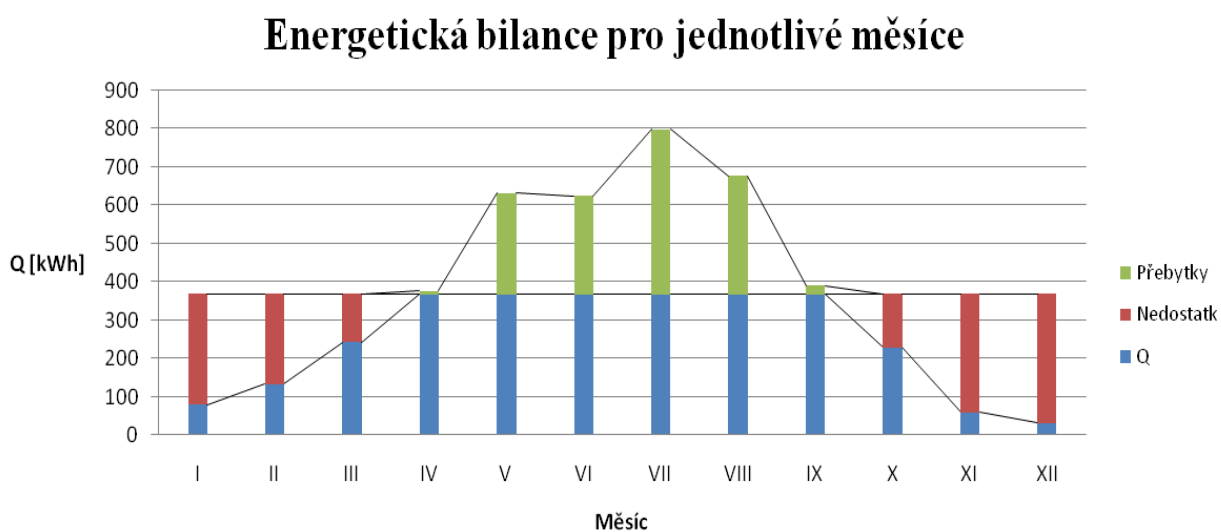
$S_{\text{panel}}$  - počet m<sup>2</sup> absorpční plochy jednoho kolektoru – odečteno z katalogového listu výrobce kolektoru [m<sup>2</sup>]

## 11.8 Určení energetické bilance

$$Q = Q_k \cdot S' = 11,402 \cdot 7 = \underline{\underline{79,81 \text{ [kW} \cdot \text{h]}}} \quad (24)$$

$Q_k$  - měrný tepelný zisk kolektoru [kW · h · m<sup>-2</sup>]

$S'$  - přepočtená plocha [m<sup>2</sup>]



**Obrázek 11.1** Energetická bilance pro jednotlivé měsíce

## 11.9 Stanovení maximálního celoročního zisku solárního systému

$$Q_{\max} = \sum_{i=1}^{12} Q_i = \underline{\underline{4283,18 \text{ [kW} \cdot \text{h}]}}} \quad (25)$$

kde je:

$Q_i$  - skutečné sluneční záření dopadající na plochu dané orientace  $[\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}]$

## 11.10 Stanovení skutečného celoročního zisku solárního systému

$$Q_{\text{skut}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + (6 \cdot 368) + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} = \underline{\underline{2985,05 \text{ [kW} \cdot \text{h}]}}} \quad (26)$$

kde je:

$Q_{1\text{ až } 12}$  – skutečné záření dopadající na plochu dané orientace za měsíc  $[\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-2}]$

## 11.11 Ekonomické zhodnocení a návratnost solárního systému

Solární zařízení pro ohřev 200 l TV se skládá ze 4 ks solárních kolektorů KPC1 BP od firmy Regulus, které jsou napojeny na 200 litrový bivalentní zásobník TV s elektrickým dohřevem. Veškeré příslušenství včetně montáže činí cca 124 240 Kč.

**Tabulka 11.1** Investiční náklady solárního systému

Položka	Cena [Kč]
Solární kolektor (4ks)	35 560
Akumulační zásobník TV	63 680
Příslušenství včetně montáže	25 000
<b>Celkem</b>	<b>124 240</b>

V následující tabulce jsou uvedeny roční úspory a návratnost investice. Z potřeby energie na ohřev TV, což je 5 583,33 kWh a celoročního zisku solárního systému, což je 2 985,05 kWh a při průměrné ceně energie 5 Kč/kWh činí roční úspora 12 991 Kč.

**Tabulka 11.2** Zhodnocení investice a návratnosti

Solární systém	Roční úspora		Investice	Návratnost
Regulus KPC1 BP	2 598,25 kWh	12 991 Kč	124 240 Kč	10 let

## 12. Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout snížení energetické náročnosti konkrétní budovy. Jedná se o komerční budovu maloprodejny v Karviné. V první části práce je uveden teoretický popis způsobů zateplení a popis plynových kotlů a tepelných čerpadel.

Základem pro snížení energetické náročnosti bylo zateplení ploché střechy a neprůsvitných konstrukcí budovy kontaktním zateplovacím systémem. Dále byla navržena výměna oken a dveří s nižším součinitelem prostupu tepla. Po rekonstrukci budovy byly následně vypočteny tepelné ztráty před a po zateplení objektu. Tyto ztráty byly mezi sebou porovnány z hlediska dosažených úspor za tepelnou energii. Poté byla stanovena potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody. Pro potřeby tepla po zateplení byly navrženy dvě varianty zdroje vytápění. Plynový kondenzační kotel a tepelné čerpadlo vzduch/voda. Oba zdroje byly navrženy monovalentně k pokrytí nově stanovené tepelné ztráty. Zároveň byly vypočteny investiční náklady na pořízení zdroje a byly vyčísleny jejich provozní náklady. V dalším bodě práce byly tyto dvě varianty dle dosažených výsledků porovnány, přičemž byla stanovena prostá doba návratnosti investičních nákladů.

Dále byl na základě informací o potřebách energie na ohřev vody navrhnut solární systém jako alternativní zdroj pro ohřev TV. Toto solární zařízení je napojeno na akumulční zásobník s elektrickým dohřevem. Návratnost tohoto systému byla vyčíslena na 10 let.

Po vypracování této práce doporučuji z environmentálního hlediska změnu vytápění plynovým kondenzačním kotlem, popřípadě tepelným čerpadlem vzduch/voda. Rozhodujícím faktorem pro majitele nemovitosti při volbě nového vytápění a cestě, která vede k úsporám, budou investiční náklady.

## Seznam použité literatury

- [1] Jiří Šála. *Zateplování budov*. Praha 2000. Grada Publishing, spol. s r.o.
- [2] Roman Šubrt. *Zateplování*. Brno 2008. ERA group spol. s r.o.
- [3] Marcela Počinková, Lea Treuová. *Vytápění: tepelná pohoda za minimální náklady*. Brno 2011. Computer Press
- [4] Topinfo. *www.tzb-info.cz* [online]. Topinfo. Dostupný z <http://www.tzb-info.cz/>
- [5] Prozi projekt. *www.prozi.cz* [online] Dostupný z <http://www.prozi.cz/>
- [6] Levné – topení.org *www.levne-topeni.org* [online] Dostupný z <http://www.levne-topeni.org/>
- [7] Dimplex tepelná technika. *www.dimplex.cz* [online] Dostupný z <http://www.dimplex.cz/tepelna-cerpadla/>

## Seznam obrázků

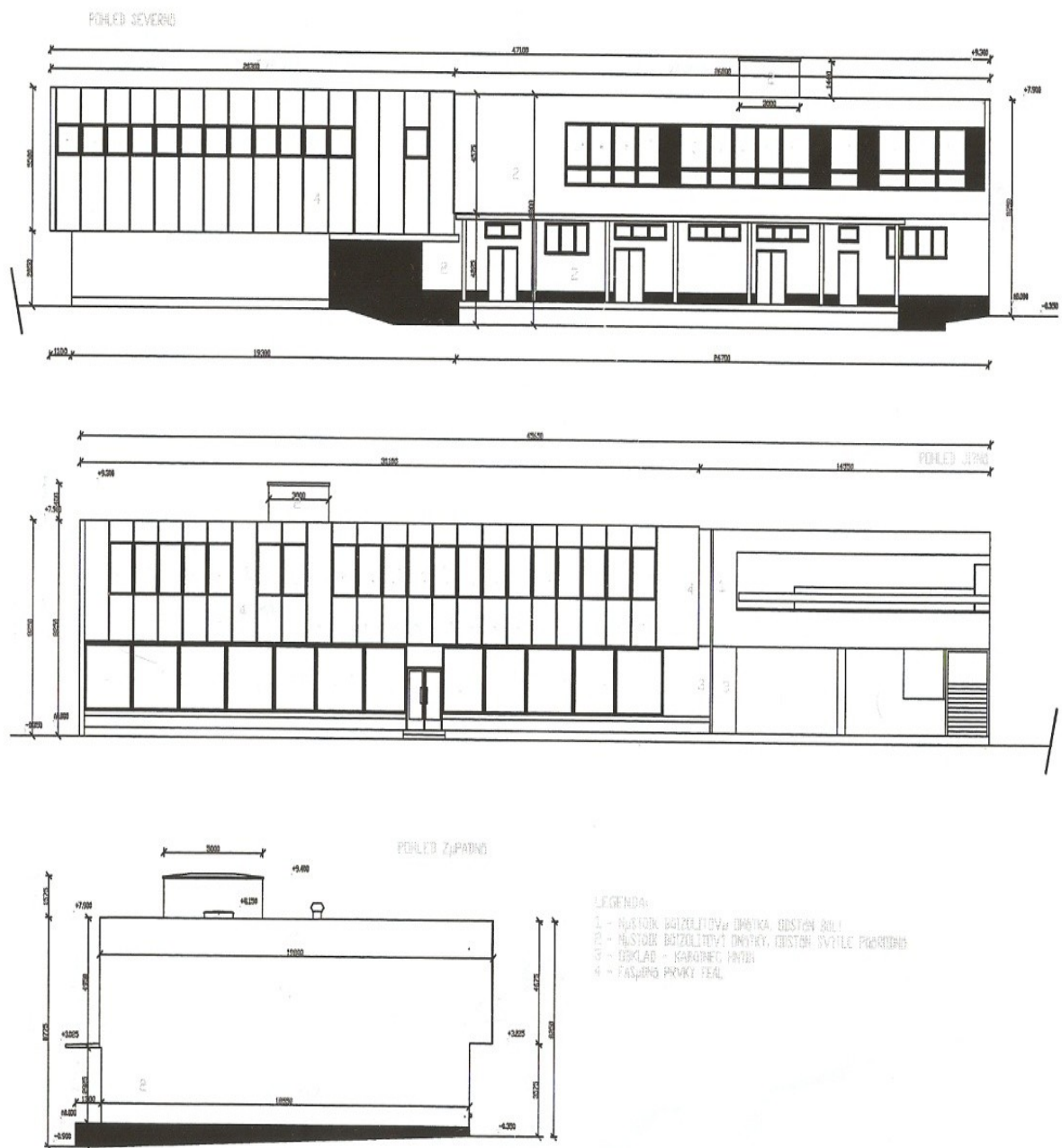
Obrázek 2.1 Průběhy teplot v nezatepleném a zatepleném stavu.....	2
Obrázek 2.2 Skladba kontaktního zateplovacího systému.....	6
Obrázek 2.3 Příklad obrácené střechy.....	7
Obrázek 4.1 Princip tepelného čerpadla.....	10
Obrázek 8.1 Grafické znázornění ztrát před zateplením.....	21
Obrázek 8.2 Grafické znázornění ztrát po zateplení.....	22
Obrázek 9.1 Tepelné čerpadlo Dimplex LA 60TU.....	25
Obrázek 11.1 Solární kolektor Regulus KPC1 BP.....	29
Obrázek 11.1 Energetická bilance pro jednotlivé měsíce.....	32

## Seznam tabulek

Tabulka 5.1 Hodnoty $\Delta U$ pro jednotlivé typy tepelných mostů.....	13
Tabulka 7.1 Základní parametry objektu.....	16
Tabulka 7.2 Tepelně technické parametry jednotlivých konstrukcí budovy.....	17
Tabulka 7.3.1 Celková spotřeba a náklady na elektrickou energii v uplynulých letech....	18
Tabulka 7.3.2 Celková spotřeba a náklady na tepelnou energii v uplynulých letech.....	18
Tabulka 7.3.3 Celková spotřeba energií.....	19
Tabulka 7.4.1 Energetická bilance pro rok 2009.....	19
Tabulka 8.1 Tepelné ztráty pro jednotlivé konstrukce před zateplením.....	21
Tabulka 8.2 Celková potřeba energie na vytápění a ohřev TV před zateplením.....	22
Tabulka 8.3 Tepelné ztráty pro jednotlivé konstrukce po zateplení.....	22
Tabulka 8.4 Celková potřeba energie na vytápění a ohřev TV po zateplení.....	23
Tabulka 8.5 Úspora tepelné energie a náklady na realizaci zateplení.....	23
Tabulka 9.1 Investiční náklady.....	25
Tabulka 9.2 Provozní náklady - plynový kotel.....	26
Tabulka 9.3 Provozní náklady - tepelné čerpadlo.....	26
Tabulka 10.1 Srovnání nových zdrojů tepla se stávajícím zásobováním teplem.....	27
Tabulka 10.2 Celkové investiční náklady a hrubá doba návratnosti.....	27
Tabulka 11.1 Investiční náklady solárního systému.....	33
Tabulka 11.2 Zhodnocení investice a návratnosti.....	33

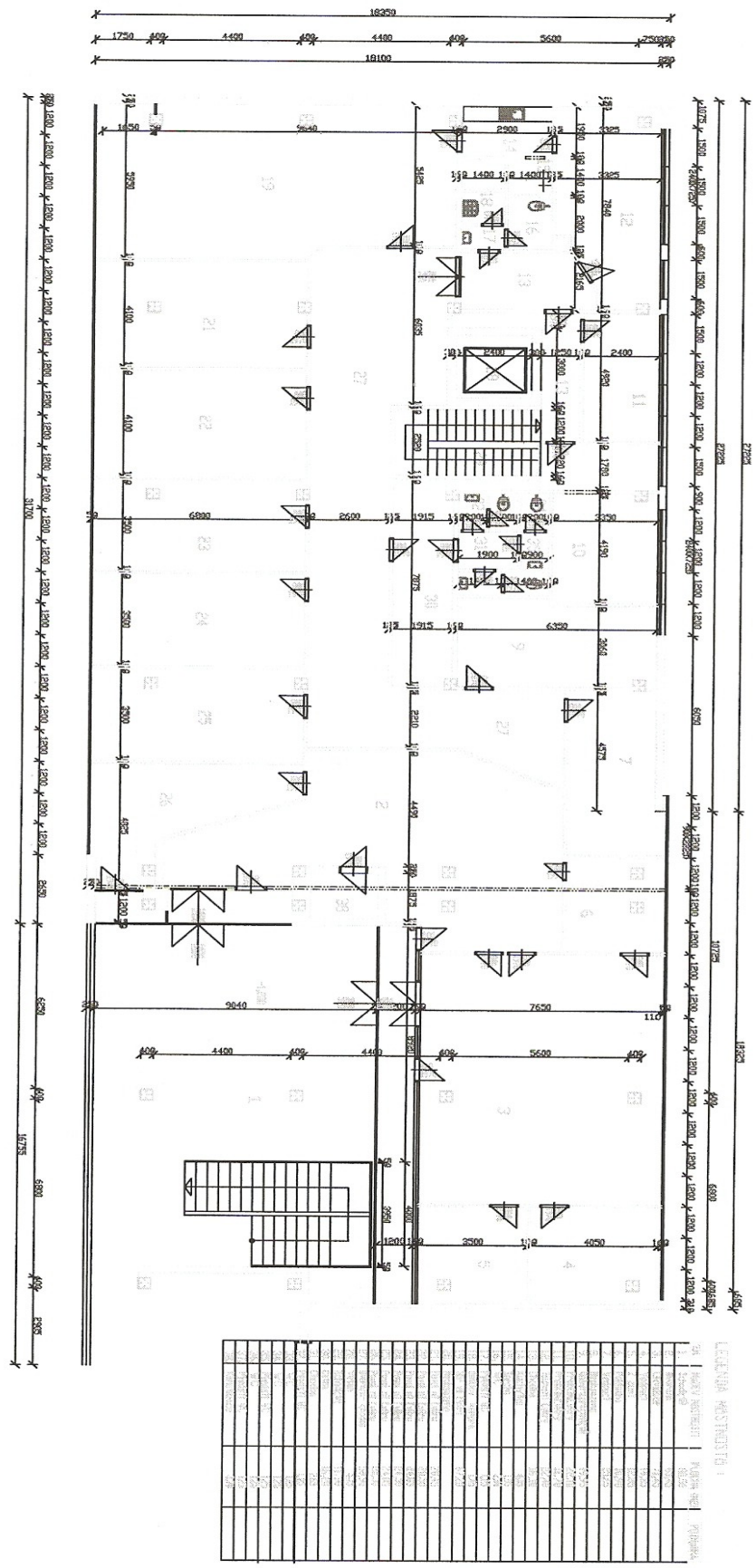
## **Seznam příloh**

Příloha 1. Výkresová dokumentace

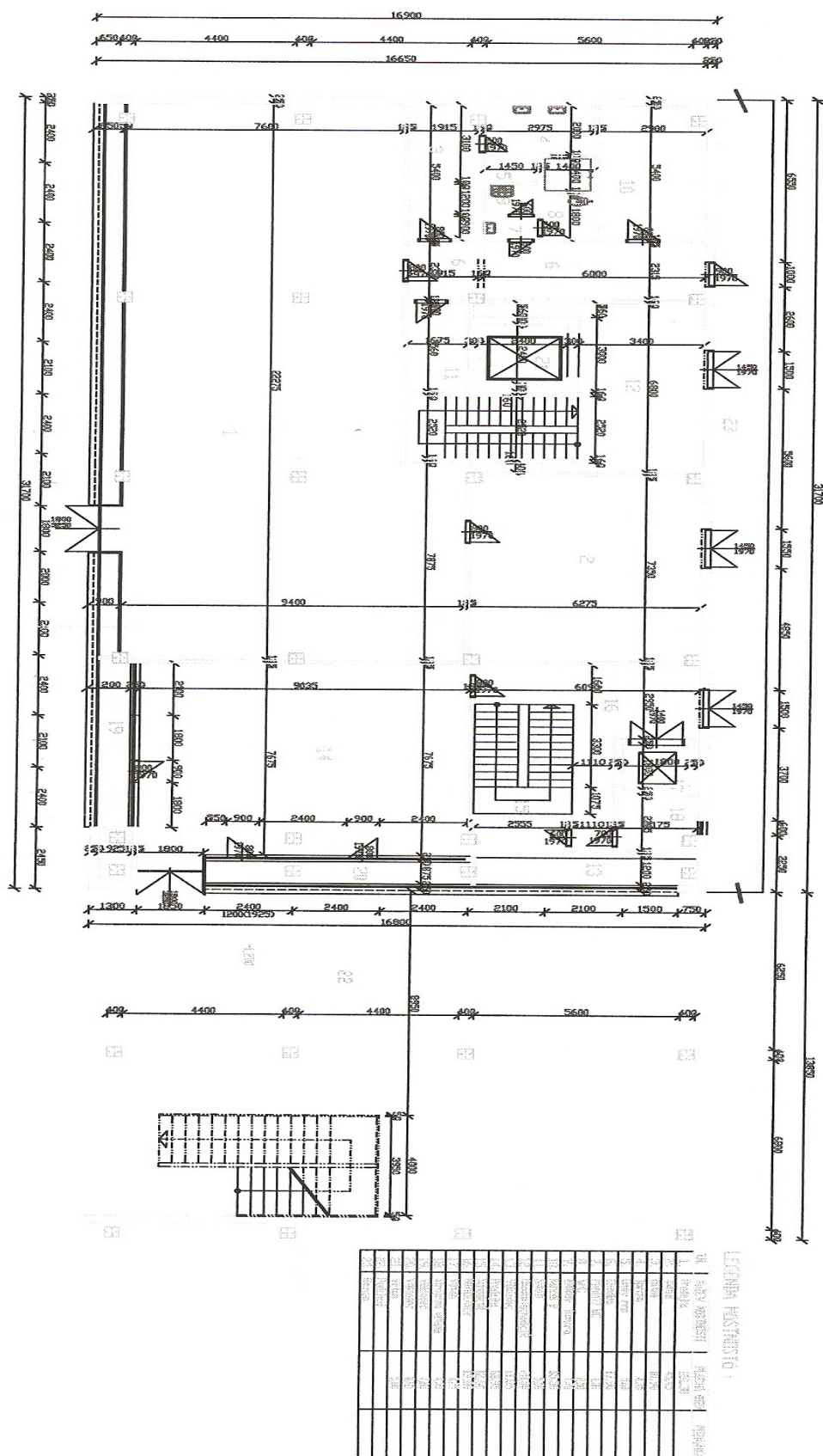


Výkres č.1





Výkres č.2



Výkres č.3